

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001168180 A**(43) Date of publication of application: **22.06.01**

(51) Int. Cl. **H01L 21/68**
B23Q 3/15

(21) Application number: **2000172269**(22) Date of filing: **08.06.00**(30) Priority: **29.09.99 JP 11275951**(71) Applicant: **TAIHEIYO CEMENT CORP NIHON CERATEC CO LTD**

(72) Inventor: **UMETSU MOTOHIRO**
ISHII MAMORU
ISHIDA HIRONORI
SHIRAKAWA YOICHI
SASHITA NORIKAZU
MINAMIZAWA KAZUSUKE
KISHI YUKIO
SAITO KAZUNORI
SUZUKI HIROSHI
MATSUO HIROYUKI

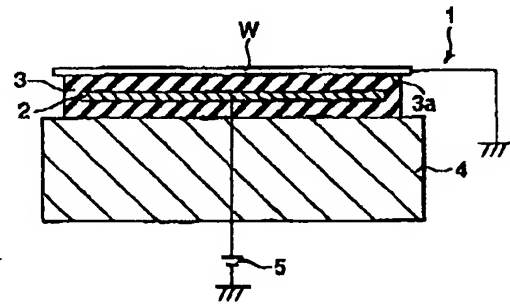
(54) **ELECTROSTATIC CHUCK**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electrostatic chuck free from variation in electrical conductivity of dielectric layer even in the case of practising in a plasma beam including oxygen gas, and capable of obtaining stable electrostatic suction.

SOLUTION: The electrostatic chuck with an electrode 2 and a dielectric layer 3 formed thereon can electrostatically suck an object W on the dielectric layer 3 by applying voltage to the electrode 2. The dielectric layer 3 is constituted of a conductive ceramic material mainly composed of an oxide including an element belonging to the periodic table 3A and a complex oxide including an element having oxygen deficiency and belonging to the periodic table 3A and Ti. Its electric conductivity is 10^{-8} to 10^{-14} S/cm.

COPYRIGHT (C)2001 JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-168180
(P2001-168180A)

(43) 公開日 平成13年6月22日 (2001. 6. 22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 L 21/68		H 0 1 L 21/68	R 3 C 0 1 6
B 2 3 Q 3/15		B 2 3 Q 3/15	D 5 F 0 3 1

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-172269(P2000-172269)
(22) 出願日 平成12年6月8日 (2000. 6. 8)
(31) 優先権主張番号 特願平11-275951
(32) 優先日 平成11年9月29日 (1999. 9. 29)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000240
太平洋セメント株式会社
東京都千代田区西神田三丁目8番1号
(71) 出願人 391005824
株式会社日本セラテック
宮城県仙台市泉区明通3丁目5番
(72) 発明者 梅津 基宏
東京都江東区清澄一丁目2番23号 太平洋
セメント株式会社中央研究所内
(74) 代理人 100099944
弁理士 高山 宏志

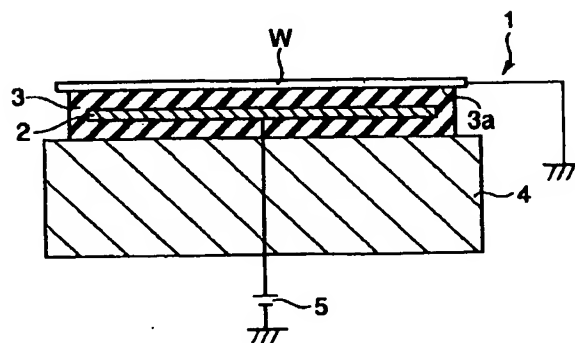
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静電チャック

(57) 【要約】

【課題】 酸素を含むプラズマガス中で使用しても誘電層の電気伝導率が変化せず、安定した静電吸着力が得られる静電チャックを提供すること。

【解決手段】 電極2と、その上に設けられた誘電層3とを有し、電極2に電圧を印加することにより、誘電層3上に被吸着体Wを静電吸着する静電チャックであって、誘電層3は、周期律表3A族に属する元素を含む酸化物と、酸素欠損を有し、周期律表3A族に属する元素とTiとを含む複合酸化物とを主体とする導電性を有するセラミックス材料で構成され、その電気伝導率が、 $10^{-8} \sim 10^{-14} \text{ S/cm}$ である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電極と、その上に設けられた誘電層とを有し、電極に電圧を印加することにより、誘電層上に被吸着体を静電吸着する静電チャックであって、前記誘電層は、周期律表3A族に属する元素を含む酸化物と、酸素欠損を有し、周期律表3A族に属する元素とTiとを含む複合酸化物とを主体とする導電性を有するセラミックス材料で構成され、その電気伝導率が、 $10^{-8} \sim 10^{-14} \text{ S/cm}$ であることを特徴とする静電チャック。

【請求項2】 前記誘電層が、周期律表3A族に属する元素の化合物粉末に、Ti化合物粉末または周期律表3A族に属する元素とTiとを含む複合化合物粉末を混合し、その混合粉末を成形した後、成形体を酸化雰囲気中で焼結し、その後還元雰囲気中で加熱処理すること、または成形体を還元雰囲気中で焼結すると同時に加熱処理することにより導電性が付与されることを特徴とする請求項1に記載の静電チャック。

【請求項3】 前記周期律表3A族に属する元素はYであることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の静電チャック。

【請求項4】 Tiの含有量が、TiO₂換算で2～6wt%であることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の静電チャック。

【請求項5】 酸素を含むプラズマガス中で用いられることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の静電チャック。

【請求項6】 前記プラズマガス中の酸素濃度が10vol%以上であることを特徴とする請求項5に記載の静電チャック。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体製造装置等においてシリコンウエハ等の被吸着物を固定、搬送、矯正するために用いられる静電チャックに関する。

【0002】

【従来の技術】半導体製造装置等におけるシリコンウエハ等の固定、矯正あるいは搬送用治具として、電極上に誘電層を有し、電極に電圧を印加することにより誘電層上にウエハを静電吸着する静電チャックが使用されている。

【0003】静電チャックの誘電層としては、従来、電気伝導率が 10^{-15} S/cm 以下のアルミナ、サファイヤ等が用いられている。しかしながら、静電チャックの誘電層としてアルミナ等の高絶縁性材料を用いた場合、電極および被吸着体に誘起された電荷の間に発生する静電吸着力（クーロン力）を用いるため、高い吸着力を得るためには、誘電層の厚さを0.1mm以下にしなければならず、加工中に誘電層が破損する可能性が高い。

【0004】そこで、薄い誘電層を形成しなくても高い吸着力を得るため、アルミナ等の誘電体にチタニアを添

加して誘電層に酸素欠損を形成することにより誘電層の電気伝導率を上げ（ $10^{-8} \sim 10^{-14} \text{ S/cm}$ ）、電荷の移動を可能として静電吸着力を向上させることが提案されている。すなわち、このようにして誘電層の電気伝導率を上げることで、電荷が誘電体表面に誘起され、被吸着体に誘起された電荷との間に静電吸着力が働くため、薄い誘電体層を形成しなくとも、高い静電吸着力（ジョンセン・ラーベック力）が得られる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようなアルミナにチタニアを添加してなる誘電層を有する静電チャックを、酸素を含むプラズマガス中で使用すると、誘電層表面が酸化され、誘電層の電気伝導率が減少するため、静電チャックの吸着力が低下し、さらにウエハの吸着・離脱特性が遅くなるという問題が生じる。

【0006】本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、酸素を含むプラズマガス中で使用しても誘電層の電気伝導率が変化せず、安定した静電吸着力が得られる静電チャックを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記課題を解決すべく鋭意研究を重ねた結果、静電チャックの誘電層を、周期律表3A族に属する元素を含む酸化物と、酸素欠損を有し、周期律表3A族に属する元素およびTiを含む複合酸化物とを主体とする導電性を有するセラミックス材料とすることにより、酸素を含むプラズマガス中で使用しても誘電層の電気伝導率が変化せず、安定した静電吸着力を有する静電チャックが得られることを知見し、本発明を完成するに至った。

【0008】すなわち、本発明は、電極と、その上に設けられた誘電層とを有し、電極に電圧を印加することにより、誘電層上に被吸着体を静電吸着する静電チャックであって、前記誘電層は、周期律表3A族に属する元素を含む酸化物と、酸素欠損を有し、周期律表3A族に属する元素とTiとを含む複合酸化物とを主体とする導電性を有するセラミックス材料で構成され、その電気伝導率が、 $10^{-8} \sim 10^{-14} \text{ S/cm}$ であることを特徴とする静電チャックを提供するものである。

【0009】この場合に、前記誘電層が、周期律表3A族に属する元素の化合物粉末に、Ti化合物粉末または周期律表3A族に属する元素とTiとを含む複合化合物粉末を混合し、その混合粉末を成形した後、成形体を酸化雰囲気中で焼結し、その後還元雰囲気中で加熱処理すること、または成形体を還元雰囲気中で焼結すると同時に加熱処理することにより導電性が付与されることが好ましい。

【0010】また、前記周期律表3A族に属する元素はYであることが好ましい。そして、Tiの含有量は、TiO₂換算で2～6wt%が好ましい。

【0011】本発明に係る静電チャックは、酸素を含む

プラズマガス中で用いられた際に優れた効果を発揮するものであり、プラズマ中の酸素濃度が10vol%以上の場合に特に優れた効果を発揮するものである。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。図1および図2は、本発明の実施形態に係る静電チャックを示す断面図であり、図1は単極型のものを示し、図2は双極型ものを示す。

【0013】図1の単極型の静電チャック1は、上下の誘電層3の間に電極2が設けられて構成されており、基台4の上に固定されている。電極2には直流電源5が接続されており、この直流電源5から電極2に給電されることにより、上の誘電層3の吸着面3aに載置されている被吸着体である半導体ウエハWが静電吸着される。

【0014】図2の双極型の静電チャック1'は、上下の誘電層3の間に一對の電極2a、2bが設けられており、これらに電源5が接続されており、電源5からこれらの電極にそれぞれ逆極性の電荷が供給されて上の誘電層3の吸着面3aに載置されている半導体ウエハWが静電吸着される。

【0015】誘電層3は、周期律表3A族に属する元素を含む酸化物と、酸素欠損を有し、周期律表3A族に属する元素とTiとを含む複合酸化物とを主体とする導電性を有するセラミックス材料で構成されている。酸素欠損を有する周期律表3A族に属する元素とTiとを含む複合酸化物は、酸素を含むプラズマガス中でも酸化され難いことから、誘電層3の電気伝導率も酸素を含むプラズマガス中で変化せず、安定した静電吸着力が得られる。周期律表3A族に属する元素は特に限定されず、例えばY、La、Yb、Dyを好適に用いることができるが、これらのうち、特にYは、Tiと酸素欠損を有する複合酸化物を形成しやすく、特に酸素を含むプラズマガス中で安定な、Tiが Y_2O_3 に置換した酸素欠損を有する複合酸化物を形成しやすいことから好ましい。また、周期律表3A族に属する元素を含む酸化物としては、 Y_2O_3 、 La_2O_3 等の周期律表3A族に属する元素と酸素とからなる酸化物であってもよいし、YAG（イットリウム-アルミニウム-ガーネット； $Y_3Al_5O_{12}$ ）や、 $La_3Al_5O_{12}$ 等の複合酸化物であってもよい。

【0016】誘電層3の電気伝導率は $10^{-8} \sim 10^{-14} S/cm$ の範囲とする。この範囲であれば、半導体ウエハに形成された回路に悪影響を及ぼすことなく高い吸着力を得ることができる。つまり、電気伝導率が $10^{-8} S/cm$ を超えると吸着したウエハに大きなリーク電流が流れて、ウエハに形成された回路が破壊されるおそれがあり、また、 $10^{-14} S/cm$ 未満では誘電層表面に電荷が誘起され難くなり、ジョンソン・ラーベック力が有効に作用せず高い静電吸着力が得られない。誘電層3の電気伝導率は、Tiの含有量や製造方法を制御して酸素

欠損を有する複合酸化物量を変化させることにより制御することが可能である。

【0017】Tiの含有量は、TiO₂換算で2～6wt%であることが好ましい。2wt%未満では誘電層の電気伝導率を $10^{-14} S/cm$ 以上にすることが困難である。また、6wt%を超えると、誘電層の電気伝導率を $10^{-8} S/cm$ 以下にすることが困難となる。しかも Y_2TiO_5 等の酸素を含むプラズマガス中で酸化されやすい酸素欠損を有する複合酸化物が増加し、酸素を含むプラズマガス中で誘電層の電気伝導率変化が大きくなり、好ましくない。

【0018】従来用いられているアルミナにチタニアを添加した誘電層の場合は、プラズマガス中の酸素含有量が10vol%以上で容易に酸化による電気伝導率の変化が生じるが、本発明に係る静電チャックの誘電層は、プラズマガス中の酸素含有量が50vol%以上であっても電気伝導率の変化がほとんどなく、静電チャックの誘電層として安定して用いることができる。

【0019】次に、本発明の静電チャックにおける誘電層の製造方法について説明する。誘電層3を製造するにあたっては、まず、周期律表3A族に属する元素の化合物粉末に、Ti化合物粉末または周期律表3A族に属する元素とTiとを含む複合化合物粉末を混合する。周期律表3A族に属する元素の化合物粉末としては Y_2O_3 、 La_2O_3 等の周期律表3A族に属する元素と酸素とからなる酸化物、YAG（イットリウム-アルミニウム-ガーネット； $Y_3Al_5O_{12}$ ）や、 $La_3Al_5O_{12}$ 等の複合酸化物、あるいは焼成によりこれらに変化する炭酸塩や水酸化物等を挙げることができる。また、Ti化合物粉末、周期律表3A族に属する元素とTiとを含む複合化合物粉末としては、酸化チタン粉末、周期律表3A族に属する元素とTiとの複合酸化物粉末、または焼成の際にこれらの酸化物に変化する化合物を挙げることができる。

【0020】誘電層3を構成する材料の出発原料の調査は、常法によって行うことができる。例えば、所定の配合の原料粉末にアルコール等の有機溶媒または水を加え、ボールミルで混合後、乾燥する方法、所定の配合の塩類、アルコキシド等の溶液から共沈物を分離する方法がある。これらの原料の混合物には、より緻密化を容易にするため、SiO₂、MgOなどの焼結助剤を添加してもよい。焼結助剤の添加形態に関しては、酸化物粉末、塩類、アルコキシド等、どのような形態であってもよく、特に限定されない。

【0021】このようにして得られた混合粉末を一軸プレスまたは冷間静水圧プレス（CIP）によって所定形状に成形する。次いで、酸化雰囲気中で1500～1700℃で焼成する。この場合に、焼成温度が1500℃未満では緻密化が不十分であり、一方、1700℃を超えると分解する可能性があることから好ましくない。

【0022】得られた焼結体は、還元雰囲気中1500～1700℃で還元処理される。還元処理温度が1500℃未満では、十分に還元処理が進行せず、電気伝導率が安定しない。また、1700℃を超えると分解する可能性があり好ましくない。なお、焼成および還元処理時間は特に限定されないが、2～4時間程度で十分である。また、このようにする代わりに還元雰囲気中1500～1700℃で焼結すると同時に還元処理するようにしてもよい。これらの処理により、電気伝導率が 10^{-8} ～ 10^{-14} S/cmで、酸素を含むプラズマガス中でも電気伝導率が安定な誘電層材料を得ることができる。

【0023】このようにして得られたセラミックス焼結体に対し、必要に応じて適宜の加工を施すことにより、所望形状の誘電層が形成される。

【0024】なお、本発明に係る静電チャックの誘電層は以上の方法によらなくても製造することが可能であるが、この方法を採用することにより所望の電気伝導率を有する誘電層を安定して製造することができるので好ましい。また、このような方法を採用した場合には、Tiの含有量がTiO₂換算で2～6wt%の範囲で、ほぼ 10^{-8} ～ 10^{-14} S/cmの電気伝導率を得ることができる。

【0025】なお、本発明は上記実施形態に限らず種々変形可能である。例えば、静電チャックの構造は特に限定されるものではなく、図1、図2に示す誘電層の内部に電極を配置した構造の他に、一方の面に電極が形成された誘電層をセラミックス板あるいはAl台座に接着剤により貼り付けた構造など、種々の構造を採用することができる。また、電極構造も特に限定されず、上述のように単極型電極でも双極型電極でもよく、その形状も限定されるものではない。

【0026】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。

(実施例1～3、比較例1～3) 周期律表3A族に属する元素を含む酸化物としてY₂O₃粉末を用い、Tiを含む化合物としてTiO₂粉末を用いて、Y₂O₃:TiO₂重量比98:2、96:4、94:6で混合した(実施例1～3)。また、比較例としてY₂O₃:TiO₂重量比100:0、99:1、92:8で混合した(比較例

1～3)。なお、粉末原料としては、純度99%以上、粒径3μm以下のものを使用した。

【0027】次に、混合粉末をφ250×6mmに成形し、次いで、空気中1600℃の条件で焼成した後、Ar中1600℃で還元処理を行った。得られた焼結体をφ200×2mmに加工して誘電層とした。

【0028】次に、誘電層の一方の面に双極型電極を銅メッキにより形成した。さらに、他方の面(吸着面)を研磨して表面粗さRa0.3μmとした。この誘電層の電極を形成した面を、表面をアノダイジング(陽極酸化)したAl台座に接着剤により貼り付けて静電チャックを完成させた。なお、誘電層の電気伝導率を三端子法により測定した。このようにして製造された静電チャック(実施例1～3、比較例1～3)における誘電層の構成成分およびTi含有量、ならびに誘電層の電気伝導率を表1に示す。

【0029】(実施例4～9) 実施例4～9については、周期律表3A族に属する元素を含む酸化物として、La₂O₃、Y₂O₃、Dy₂O₃、La₃Al₅O₁₂、YAG(イットリウム-アルミニウム-ガーネット; Y₃Al₅O₁₂)、Dy₃Al₅O₁₂粉末を用いて、TiO₂粉末と、95:5の重量比で混合し、実施例1～3と同様、混合粉末をφ250×6mmに成形し、次いで、Ar中1600℃で焼成すると同時に還元処理を行い、得られた焼結体をφ200×2mmに加工して誘電層とした。次いで、同様に誘電層の一方の面に双極型電極を銅メッキにより形成した。さらに、他方の面(吸着面)を研磨して表面粗さRa0.3μmとした。この誘電層の電極を形成した面を、表面をアノダイジング(陽極酸化)したAl台座に接着剤により貼り付けて静電チャックを完成させた。このようにして製造された静電チャック(実施例4～9)における誘電層の構成成分およびTi含有量、ならびに誘電層の電気伝導率を表1に示す。

【0030】(比較例4) 比較例4については、誘電層としてアルミナにチタニアを添加したもの(チタニア1.5wt%)を用いた。その電気伝導率は 4.5×10^{-13} S/cmであった。

【0031】

【表1】

	3A族元素 を含む酸化物	Ti含有量(TiO ₂ 換算) (wt%)	電気伝導率 (S/cm)
実施例1	Y ₂ O ₃	2	1.8×10^{-14}
実施例2	Y ₂ O ₃	4	1.1×10^{-10}
実施例3	Y ₂ O ₃	8	4.8×10^{-9}
実施例4	La ₂ O ₃	5	4.2×10^{-9}
実施例5	Y ₂ O ₃	5	7.7×10^{-10}
実施例6	Dy ₂ O ₃	5	1.3×10^{-9}
実施例7	La ₃ Al ₅ O ₁₂	5	5.8×10^{-9}
実施例8	Y ₃ Al ₅ O ₁₂	5	3.3×10^{-9}
実施例9	Dy ₃ Al ₅ O ₁₂	5	8.9×10^{-9}
比較例1	Y ₂ O ₃	0	6.7×10^{-17}
比較例2	Y ₂ O ₃	1	1.9×10^{-18}
比較例3	Y ₂ O ₃	8	1.9×10^{-9}

【0032】(静電チャックの評価) 作製した静電チャックをプラズマエッチング装置に設置し、以下のプラズマ条件下でシリコンウエハを静電チャックに静電吸着させ、プラズマ処理前後の静電吸着力およびウエハ離脱特性を評価し、さらにプラズマ処理前後の誘電層の電気伝導率を測定した。その結果を表2に示す。

プラズマ条件

プラズマガス: O_2 (50 vol%) + CF_4

ガス流量 : 200 SCCM

RF周波数 : 13.56 MHz

RF出力 : $2W/cm^2$

時間 : 100 h

【0033】静電吸着力は、静電チャックに電圧±1 kVを印加してシリコンウエハを吸着させた後、上方向に

ウエハを引っ張り、剥がれたときの力で評価した。また、プラズマ処理による静電吸着力の変化は、プラズマ処理前の静電吸着力に対するプラズマ処理後の吸着力の割合とした。

【0034】ウエハ離脱特性は、静電チャックにウエハを印加電圧±1 kVで吸着させた後、印加電圧を0 kVとし、1 min経過後の残留吸着力を測定し、残留吸着力/静電吸着力で評価した。また、プラズマ処理によるウエハ離脱特性の変化は、プラズマ処理前のウエハ離脱特性に対するプラズマ処理後のウエハ離脱特性の割合とした。

【0035】

【表2】

	静電吸着力変化	離脱特性変化	電気伝導率変化(S/cm)		備考
			処理前	処理後	
実施例1	1.2	1.5	1.8×10^{-14}	1.8×10^{-14}	
実施例2	1.1	0.9	1.1×10^{-10}	8.1×10^{-11}	
実施例3	0.9	2.0	4.8×10^{-9}	1.0×10^{-8}	
実施例4	1.3	1.7	4.2×10^{-9}	1.9×10^{-9}	
実施例5	0.8	2.1	7.7×10^{-10}	1.1×10^{-9}	
実施例6	0.9	1.5	1.3×10^{-9}	1.2×10^{-9}	
実施例7	1.0	1.3	5.8×10^{-9}	7.7×10^{-9}	
実施例8	0.8	1.6	3.3×10^{-9}	6.6×10^{-9}	
実施例9	1.2	1.6	8.9×10^{-9}	1.2×10^{-10}	
比較例1	-	-	6.7×10^{-17}	5.0×10^{-17}	ウエハ吸着せず
比較例2	-	-	1.9×10^{-18}	3.3×10^{-18}	ウエハ吸着せず
比較例3	0.4	12.1	1.9×10^{-8}	1.6×10^{-13}	
比較例4	0.5	8.5	4.5×10^{-13}	2.2×10^{-15}	

【0036】表2に示すように、実施例1～9においては、プラズマ処理前後で電気伝導率の変化は小さく、静電吸着力およびウエハ離脱特性に大きな変化は認められなかった。これに対して、比較例3、4では、プラズマ処理前後で電気伝導率の変化が大きく、静電吸着力は1/2以下に減少し、ウエハ離脱特性は8倍以上となった。このように静電吸着力が低下したのは、プラズマ処理により誘電層表面が酸化され、誘電層表面に低電気伝導率薄膜が形成され、その結果、誘電層表面に電荷が誘起され難くなったためと考えられる。またウエハ離脱特性が悪くなったのは、このように誘電層表面に低電気伝導率薄膜が形成されることによってウエハに帯電した電荷が除電され難くなり、残留吸着力が生じたためと考えられる。一方、比較例1、2は、シリコンウエハが静電チャックに吸着されなかった。これは、比較例1、2は誘電層の電気伝導率が $10^{-14} S/cm$ 未満となったため、静電吸着力(ジョンセン・ラーベック力)が得られなかったためと考えられる。

【0037】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、誘電層が、周期律表3A族に属する元素を含む酸化物

と、酸素欠損を有し、周期律表3A族に属する元素とTiを含む複合酸化物とを主体とする導電性を有するセラミックス材料で構成され、その電気伝導率が、 $10^{-8} \sim 10^{-14} S/cm$ であるため、酸素を含むプラズマ雰囲気中で使用しても誘電層の電気伝導率が変化せず、安定した静電吸着力を有する静電チャックを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用される単極型の静電チャックを示す断面図。

【図2】本発明が適用される双極型の静電チャックを示す断面図。

【符号の説明】

1, 1' 静電チャック

2, 2a, 2b 電極

3 誘電層

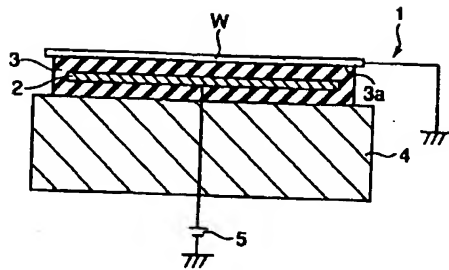
3a 吸着面

4 基台

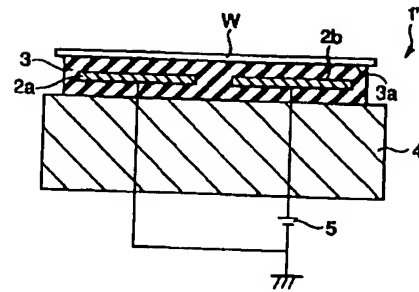
5 電源

W 半導体ウエハ(被吸着体)

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 石井 守
東京都江東区清澄一丁目2番23号 太平洋
セメント株式会社中央研究所内
(72)発明者 石田 弘徳
東京都江東区清澄一丁目2番23号 太平洋
セメント株式会社中央研究所内
(72)発明者 白川 洋一
東京都江東区清澄一丁目2番23号 太平洋
セメント株式会社中央研究所内
(72)発明者 指田 則和
東京都江東区清澄一丁目2番23号 太平洋
セメント株式会社中央研究所内
(72)発明者 南澤 一右
宮城県仙台市泉区明通三丁目5番 株式会
社日本セラテック本社工場内

(72)発明者 岸 幸男
宮城県仙台市泉区明通三丁目5番 株式会
社日本セラテック本社工場内
(72)発明者 齋藤 和則
宮城県仙台市泉区明通三丁目5番 株式会
社日本セラテック本社工場内
(72)発明者 鈴木 弘志
宮城県仙台市泉区明通三丁目5番 株式会
社日本セラテック本社工場内
(72)発明者 松尾 裕之
宮城県仙台市泉区明通三丁目5番 株式会
社日本セラテック本社工場内

Fターム(参考) 3C016 GA10
5F031-CA02 HA02 HA03 HA17 MA28
MA32